

1. félévi beszámoló

Pataki Adrienn (patakia@student.elte.hu)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Dr. Raffai Péter

A dolgozat címe: Megoldási kísérletek a Λ CDM kozmológiai modell problémáira

Bevezetés

A jelenlegi sztenderd kozmológiai modell, a Lambda Cold Dark Matter (Λ CDM) modell sikerét annak köszönheti, hogy az elmélet nagyon jó összhangot mutat a kísérleti eredményekkel, bár a megfigyelések magyarázatához új, máig kutatott komponensek (hideg sötét anyag, sötét energia) és mechanizmusok (kozmikus infláció) elméleti bevezetése vált szükségessé. A modell számos ismert, eddig megoldatlan problémával rendelkezik, ilyenek a korai és késői univerzum megfigyelése közti feszültségek, a Hubble-feszültség (Riess 2020) és az S_8 -feszültség (Di Valentino 2021), vagy például a kozmikus dipól anomália (Secrest 2021). Ezen kívül további ismert problémák (Casado 2020) a kozmológiai konstans probléma, a szinkronicitás problémája, a kozmikus koincidencia problémája és a kozmikus kor problémája, de további ismert anomáliák (Perivolaropoulos & Skara 2022) is a sztenderd modell továbbgondolását teszik szükségessé.

Ezen problémák mélyebb megértéséhez alkalmas eszköz lehet egy alternatív kozmológiai modell, a sodródó ('coasting') kozmológiai modelles család vizsgálata. Közös jellemzőjük az univerzum lineáris vagy kvázi-lineáris időfejlődése, melynek következtében a fent felsorolt problémáknak – továbbá a simaság és horizont problémáknak is – természetes feloldását adják sötét anyag, sötét energia, valamint a szigorúan lineáris modellek az infláció bevezetése nélkül is, és meglepő összhangban vannak számos, a kozmológiai modellek teszteléséhez használt adatbázissal (Melia 2018). Ezért a sodródó kozmológiák vizsgálata, megértése egy alkalmas eszköz lehet a sztenderd kozmológiai modell elméleti problémáinak mélyebb megértéséhez, valamint közelebb kerülhetünk annak megértéséhez is, miért élünk épp olyan univerzumban, ahol a sodródó modellek a kozmológiai adatbázisokkal meglepően jó összhangot mutatnak.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

A félév során elsősorban különböző kozmológiai modellek (sodródó és Λ CDM modellek) illesztését végeztem szupernóvák és kvazárok adatbázisán.

- Utánakerestem a legfrissebb, Pantheon+ szupernóva adatbázisnak, és két cikk (Brout 2022, Riess 2022) tanulmányozásával megismertem az adatok jelentését, valamint azt, hogy miként lehet kozmológiai modellt illeszteni rájuk.
- Megismertem a kutatócsoportomban már használt kvazár adatbázist.
- Megtanultam a Markov Chain Monte Carlo (MCMC) módszer elméletét, algoritmusát. Megtanultam, hogy lehet egy paraméter poszteriori eloszlását előállítani priori eloszlás feltételezése mellett.
- Megismertem a sigma clipping módszer alkalmazását, azaz a kiugró adatpontok kizárását az illesztésből, több iteráción keresztül.
- Mindezeket a gyakorlatban is alkalmaztam. Megírtam egy python kódot, ami a szupernóvák, illetve kvazárok szabad paramétereit egy tetszőlegesen beállított kozmológiai modell szabad paramétereivel együtt szimultán illeszti úgy, hogy a mérésekből és az elméletből számolt távolsági modulus értékekből és azok hibáiból számolt χ^2 statisztika minimumát keresi MCMC algoritmussal.
- A programmal előállítottam három különböző görbületű sodródó kozmológiai modell paramétereit a szupernóvák, majd a kvazárok adatbázisát használva, különböző a priori feltételezések mellett.

Összehasonlításképpen a Flat Λ CDM modell illesztését is elvégeztem. A végeredményeket értelmeztem, ábrázoltam.

Emellett a másik fő kutatási feladatommal is elkezdtem megismerkedni: a kozmikus dipól kompakt kettősök gravitációshullám-jeleivel történő kimérésére szolgáló módszer kidolgozása, és szimulációkkal, majd észlelt gravitációshullám-jelekkel történő tesztelése.

- Megismertem a módszer lényegét, a használt adatokat és alkalmazott eljárásokat egy python kódon keresztül.
- Feldolgoztam a témában aktuálisan megjelenő cikkeket, megpróbáltam értelmezni a különböző módszerek közötti különbségeket.

Publikációk

Jelenleg folyamatban van a szupernóvák és kvazárok sodródó kozmológiai modellel való illesztéséről szóló cikk írása, melyben társszerző leszek.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során a következő tárgyat végeztem el:

- FIZ/5/031 Az intersztelláris anyag fizikája I.

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

- Klasszikus Fizika Laboratórium három mérésének levezetése heti egy alkalommal (alkalmanként 4 óra), és a kapcsolódó jegyzőkönyvek javítása, osztályozása.
- Bevezetés a csillagászatba tárgy (2 órás előadás) házi feladatainak és vizsgájának javításában segítettem.

Hivatkozások

Brout, D., et al.; ApJ 938, 2, 110 (2022)

Casado, J.; Ap&SS 365, 1, 16 (2020)

Di Valentino, E.; Astroparticle Physics 131, 102604 (2021)

Melia, F.; MNRAS 481, 4, 4855 (2018)

Perivolaropoulos L. & Skara, F.; New Astron. Rev. 95, 101659 (2022)

Riess, A. G.; Nature Reviews Physics 2, 10 (2020)

Riess, A. G., et al.; ApJL 934, 1, L7 (2022)

Secrest et al.; ApJL 908, 2, L51, (2021)